

526427

Rec'd PCT/PTO

28 FEB 2005

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年4月8日 (08.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/028997 A1

(51) 国際特許分類7: C04B 35/38

特願2003-195397 2003年7月10日 (10.07.2003) JP
特願2003-195398 2003年7月10日 (10.07.2003) JP

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009735

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): TDK
株式会社 (TDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒103-8272
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 Tokyo (JP).

(22) 国際出願日: 2003年7月31日 (31.07.2003)

日本語

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高川 建弥 (TAKA-
AGAWA, Kenya) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP).
福地 英一郎 (FUKUCHI, Eiichiro) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 村瀬琢 (MURASE, Taku) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語

日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2002-280545 2002年9月26日 (26.09.2002) JP

特願2002-382476

2002年12月27日 (27.12.2002) JP

(統葉有)

(54) Title: FERRITE MATERIAL

(54) 発明の名称: フェライト材料

						E	F		
A	試料No.	Fe ₂ O ₃ (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	NiO (mol%)	Ba (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i
B	比較例1	60.0	21.0	15.0	4.0	467	1410	60	824
	1	63.0	17.0	18.0	2.0	494	661	100	1059
	2	65.0	17.0	16.0	2.0	515	897	100	784
	3	67.0	18.5	14.0	0.5	505	988	100	702
B	比較例2	70.0	14.5	15.0	0.5	463	2675	100	389
B	比較例3	67.0	21.0	10.0	2.0	475	1225	80	742
	4	65.0	19.0	14.0	2.0	510	964	80	928
	5	64.0	16.5	18.0	1.5	501	770	100	801
B	比較例4	65.0	13.5	21.0	0.5	474	1045	140	571
	6	67.0	18.5	14.0	0.5	505	988	100	702
	7	64.0	18.0	16.0	2.0	500	731	80	1074
	8	64.0	18.0	14.0	4.0	515	943	100	819
B	比較例5	64.0	16.0	14.0	8.0	512	1358	120	584
C	従来例1	70.0	15.0	15.0	-	470	3207	140	220
C	従来例2	60.0	25.0	15.0	-	456	1431	20	1300
C	従来例3	70.0	10.0	20.0	-	468	2618	140	250
C	従来例4	70.0	10.0	20.0	-	503	1846	100	480

(57) Abstract: Sintered MnZn ferrite comprising 62 to 68 mol% of Fe₂O₃ and 12 to 20 mol% of ZnO wherein NiO and/or Li_{0.5}O is contained as a principal component; or sintered MnZn ferrite comprising 62 to 68 mol% of Fe₂O₃ and 12 to 23 mol% of ZnO wherein Si and Ca are contained as subsidiary components. This sintered material can realize such characteristics that the saturation magnetic flux density at 100°C is 450 mT or greater (measuring magnetic field: 1194 A/m), the minimum of core loss 1200 kW/m³ or less (measuring conditions: 100 kHz, 200 mT), the bottom temperature being the temperature at which the core loss exhibits the minimum value 60 to 130°C and the initial permeability at room temperature 700 or higher.

<諸考>

M: 磁和底東密度 (100°C) |

B.Temp.: ボトム温度 |

Pcv: ボトム温度におけるコア横失 (100kHz, 200mT) K

μi: 初透磁率 (25°C) L

A...SAMPLE NO.

B...COMP. EX.

C...PRIOR ART EX.

D...SUBSIDIARY COMPONENT

E...FIRING TEMPERATURE

F...OXYGEN PARTIAL PRESSURE

G... WT. RATIO OF SiO₂ CONTENT / CaCO₃ CONTENT = 0.07

H...IN NITROGEN

I...SATURATION MAGNETIC FLUX DENSITY (100°C)

J...BOTTOM TEMPERATURE

K...CORE LOSS AT BOTTOM TEMPERATURE (100 kHz, 200 mT)

L...INITIAL PERMEABILITY (25°C)

M...REMARKS

(統葉有)

WO 2004/028997 A1



(74) 代理人: 大場 充 (OBA,Mitsuru); 〒101-0032 東京都 千代田区 岩本町 1 丁目 4 番 3 号 KMビル 8 階 大場国際特許事務所 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国(国内): CN, KR, US.

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB, NL).

(57) 要約:

Fe_2O_3 : 6.2 ~ 6.8 mol %, ZnO : 1.2 ~ 2.0 mol % である MnZn フェライト焼結体に、主成分として NiO 及び / 又は $\text{LiO}_{0.5}$ を含有させる。または、 Fe_2O_3 : 6.2 ~ 6.8 mol %, ZnO : 1.2 ~ 2.3 mol % である MnZn フェライト焼結体に、副成分として Si 及び Ca を含有させる。

この焼結体によれば、100°Cにおける飽和磁束密度が 4.50 mT 以上 (測定磁界: 1194 A/m)、コア損失の最小値が 1200 kW/m³ 以下 (測定条件: 100 kHz, 200 mT)、コア損失が最小値を示す温度であるボトム温度が 60 ~ 130°C、かつ室温における初透磁率が 700 以上の特性を得ることができる。

明 細 書

フェライト材料

5 技術分野

本発明は、トランス、リアクタ、チョークコイル等の電子部品に好適に用いられるフェライト材料に関する。

背景技術

10 近年、電子機器の小型化、高出力化が進んでいる。それに伴い各種部品の高集積化、高速処理化が進み、電力を供給する電源ラインの大電流化が要求されている。

また、高温下においても所定の性能を保つ電源ラインが要求されている。これは、電源ラインが、部品（例えばCPU）などからの発熱にさらされる場合があるためである。また、電源ラインは、自動車用電子回路のように使用環境温度の高い条件においても、所定の性能を保つ必要がある。

したがって、電源ラインに用いられるトランスやリアクタにも、高温下において大電流で使用できるものが求められる

これらトランスやリアクタに使用される材料としては、軟磁性金属材料とフェライト材料がある。さらにフェライト材料は、Mn-Zn系フェライトとNi系フェライトに分類される。

軟磁性金属材料はフェライトに比べて飽和磁束密度が高いため、より大きな電流を流しても磁気飽和をおこさない。しかしながら、軟磁性金属材料は、一般的に損失が高い、値段が高い、比重が高い、防錆性に劣るといった問題がある。

一方、フェライトはコストパフォーマンスに優れ、数10 kHzから数100 kHzの周波数帯域において損失が低いという利点がある。また、Mn-Zn系フェライトは、Ni系フェライトよりも飽和磁束密度が高い。このため、大

電流用のトランスおよびチョークコイル(以下、両者を総称して、「トランス等」ということがある)には、MnZn系フェライトが一般的に使用されている。しかしながら、近年、より高温度域、具体的には100°C近傍で使用される場合にも、高い飽和磁束密度を示すフェライト材料が求められている。上述のように、MnZn系フェライトはNi系フェライトよりも高い飽和磁束密度を示すものの、100°C近傍の高温域(以下、単に「高温域」ということがある)では飽和磁束密度が不十分であった。

そこで、高温域における飽和磁束密度を向上するために、様々な検討が行われている。例えば、特開2000-159523号公報には、酸化鉄の含有量が60~75mol%、酸化亜鉛の含有量が0~20mol% (但し、0を含まず) および残部が酸化マンガンからなるフェライト焼結体が開示されている。このフェライト焼結体は、100°Cでの飽和磁束密度が450mT以上であり、かつ50kHz、150mTでの測定条件において、コア損失の最小値が1500kW/m³以下である。

一方で、MnZn系フェライトの損失を低下するためにも、様々な提案がなされている(特公昭63-59241号公報、特開平6-310321号公報、特開平11-3813号公報等参照)。例えば、特公昭63-59241号公報には、酸化マンガンの含有量が13~50mol%、酸化亜鉛の含有量が0~20mol% (但し、0を含まず)、酸化ニッケル、酸化マグネシウム、酸化リチウムのうち少なくとも一種を0~26mol%、残部が酸化鉄45mol%以上からなる基本組成を有する500G以上の磁界中にて高温下駆動されるフェライト磁心が開示されている。

特開2000-159523号公報に開示されたフェライト焼結体は、MnZn系フェライトの鉄量を増加することにより、高温度域でも高い飽和磁束密度を得ている。しかしながら、このフェライト焼結体の損失値は、未だ高いレベルにある。

特開2000-159523号公報には、損失値が最小を示す温度(本明細書中でボトム温度という)が20°C近傍にある、比較的損失が低い材料が開示

されている。しかしながら、この材料は、一般的なトランス、リアクタ用コアが使用される温度帯域である60～130°Cでは、損失の温度依存性が正の傾きになる。このため、この材料は、自己発熱による熱暴走の危険性を含んでいる。

5 前述した特公昭63-59241号公報に開示されたフェライト磁心は、150°C以上の温度域での低損失化を図っている。しかしながら、特公昭63-59241号公報では、低損失化に対する検討にとどまり、飽和磁束密度を向上させるための検討はなされていない。また、特公昭63-59241号公報に開示されたフェライト磁心は、ボトム温度が150°C以上である。このため、
10 一般的なトランス等が使用される温度帯域(60～130°C)では、初透磁率が劣化してしまうとともに、損失も増大してしまう。特開平6-310321号公報、特開平11-3813号公報に開示されたフェライト材料も、高温域における飽和磁束密度と低損失に関する特性とを兼備することができなかった。

15 本発明は、このような技術的課題に基づいてなされたもので、100°C近傍の高温域における飽和磁束密度が高く、かつ損失が低いフェライト材料の提供を課題とする。さらに本発明は、ボトム温度が一般的なトランス等が使用される温度帯域(60～130°C)の範囲にあるフェライト材料の提供を課題とする。

20 発明の開示

本発明者は、フェライト材料を構成する成分およびその量を選択することにより、高温域における飽和磁束密度が高く、かつ低損失のフェライト材料を得ることに成功した。このフェライト材料は、 Fe_2O_3 : 62～68 mol%、 ZnO : 12～20 mol%、 NiO : 0.2～5 mol%、残部実質的にM_nOを主成分とする焼結体からなり、100°Cにおける飽和磁束密度が450 mT以上(測定磁界: 1194 A/m)、かつコア損失の最小値が1200 kW/m³以下(測定条件: 100 kHz、200 mT)であることを特徴としている。

また、本発明者は、フェライト材料を構成する成分として、所定量のLiを含有させることにより、高温域における飽和磁束密度が向上することを知見した。すなわち、本発明は、 Fe_2O_3 ：62～68mol%、 ZnO ：12～20mol%、 $LiO_{0.5}$ ：4mol%未満（但し、Oを含まず）、残部実質的に5 MnO を主成分とする焼結体からなることを特徴とするフェライト材料を提供する。本発明者の検討によると、Liを含有させることで、室温における飽和磁束密度は低下する。ところが、驚くべきことに、本発明が推奨する範囲内のLiの含有は、高温域における飽和磁束密度を向上させるのである。なお、Li酸化物は、 Li_2O と表記されるが、Li換算にて組成を計算するために、10 本発明ではLi酸化物を「 $LiO_{0.5}$ 」と表記する。

本発明のMnZnLi系フェライト材料において、焼結体中の $LiO_{0.5}$ 量が0.2～3mol%であることが望ましい。 $LiO_{0.5}$ 量を0.2～3mol%の範囲とすることで、高温域における飽和磁束密度をより一層向上させることができる。

15 さらに、本発明は、フェライト材料を構成する成分として、所定量のNiおよびLiとともに含有したことを特徴とするMnZnNiLi系フェライト材料も提供する。このMnZnNiLi系フェライト材料は、 Fe_2O_3 ：62～68mol%、 ZnO ：12～20mol%、 NiO ：5mol%以下（但し、Oを含まず）、 $LiO_{0.5}$ ：4mol%未満（但し、Oを含まず）、残部実質的に20 MnO を主成分とする焼結体からなる。本発明者の検討によると、NiおよびLiを複合して含有させることで、コア損失の増加を抑制しつつ、飽和磁束密度を向上させることができる。

以上の本発明のフェライト材料において、第1副成分として、 Si を SiO_2 換算で250ppm以下（但し、Oを含まず）およびCaを $CaCO_3$ 換算で2500ppm以下（但し、Oを含まず）を含むことが望ましい。この第1副成分の含有は、本発明のMnZnNi系フェライト材料、MnZnLi系フェライト材料、MnZnNiLi系フェライト材料のいずれに対しても有効である。

以上では、本発明のうち、主成分にNiまたは/およびLiを含むMnZn

Ni系フェライト材料、MnZnLi系フェライト材料、MnZnNiLi系フェライト材料について示したが、上述した第1副成分の含有は、主成分にNiを含まないMnZn系フェライト材料においても有効である。すなわち、本発明は、 Fe_2O_3 ：62～68mol%、 ZnO ：12～23mol%、残部
5 実質的に MnO を主成分とする焼結体からなり、かつ、第1副成分として、Siを SiO_2 換算で80～250ppmおよびCaを $CaCO_3$ 換算で800～
2500ppmを含むとともに、100°Cにおける飽和磁束密度が450mT
以上（測定磁界：1194A/m）、かつコア損失の最小値が1200kW/m
³以下（測定条件：100kHz、200mT）であることを特徴とするフェラ
10 テイト材料を提供する。主成分の量を上記範囲内にするとともに、SiおよびCa
をフェライト材料に所定量含有させることで、主成分としてNiまたは/およびLiを含まない組成系においても、高温域における飽和磁束密度が高く、
かつ低損失のフェライト材料を得ることができる。

ここで、第1副成分として、SiおよびCaを含有させる場合には、Si、
15 Caをそれぞれ SiO_2 換算、 $CaCO_3$ 換算で $SiO_2/CaCO_3$ （重量比）
が0.04～0.25になるように設定することが有効である。

上述した本発明のMnZnNi系フェライト材料、MnZnLi系フェライ
ト材料、MnZnNiLi系フェライト材料、MnZn系フェライト材料（以
下、MnZnNi系フェライト材料、MnZnLi系フェライト材料、MnZ
20 nNiLi系フェライト材料、MnZn系フェライト材料を特に区別する場合
を除き、「本発明のフェライト材料」と総称する。）において、さらに、第2副
成分として、 Nb_2O_5 ：400ppm以下（但し、Oを含まず）、 ZrO_2 ：1
000ppm以下（但し、Oを含まず）、 Ta_2O_5 ：1000ppm以下（但し、
Oを含まず）、 Ln_2O_3 ：1000ppm以下（但し、Oを含まず）、 Ga_2O_3 ：
25 1000ppm以下（但し、Oを含まず）の一種または二種以上を含むことが
望ましい。

さらにまた、本発明のフェライト材料において、第3副成分として、 SnO_2 ：
10000ppm以下（但し、Oを含まず）および TiO_2 ：10000ppm

以下（但し、Oを含まず）の一種または二種を含むことができる。

ところで、フェライト材料において高い飽和磁束密度を得るためにには、主組成中のFe量を増加させることが有効である。その一方で、Fe量の増加に伴い、焼結が進みにくくなる。よって、Fe-rich組成を選択した場合には、
5 焼成温度を上昇させる必要がある。ところが、焼成温度を上昇させると、Zn
成分が蒸発してしまい、コア損失が大きくなってしまう。さらに、焼成温度を
上昇させることは、使用エネルギーの増大、使用炉材のコスト上昇等を招き、
工業的にデメリットとなりうる。こうしたデメリットを排除しつつ、高温域に
10 おける飽和磁束密度が高く、かつ低損失のフェライト材料を得るために、本発明
者は様々な検討を行った。その結果、以下に述べる第4副成分が、低温焼成に
有効に寄与することを知見した。すなわち、本発明のフェライト材料において、
第4副成分として、P換算でのPの化合物：35 ppm以下（但し、Oを含まず）、
15 MoO₃：1000 ppm以下（但し、Oを含まず）、V₂O₅：1000 ppm以下（但し、Oを含まず）、
Bi₂O₃：1000 ppm以下（但し、Oを含まず）、Sb₂O₃：3000 ppm以下（但し、Oを含まず）
の一種または二種以上を含むことが望ましい。これらの第4副成分を含有させることで、1350°C以下、さらには1300°C近傍という比較的低温での焼成が可能となる。詳しくは後述するが、
第4副成分を本発明が推奨する範囲で含有させることによって、1350°C以
20 下で焼成した場合にも、高温域における飽和磁束密度が高く、かつ低損失のフェライト材料を得ることが可能となる。

以上の本発明のフェライト材料は、コア損失が最小値を示す温度であるボトム温度が60～130°Cの範囲に存在する。つまり、本発明のフェライト材料は、一般的なトランス等が使用される温度帯域にボトム温度を設定することができる。
25

また、本発明によるフェライト材料は、100°Cにおける飽和磁束密度が480mT以上（測定磁界：1194A/m）という特性を備えることができる。

さらに、本発明によるフェライト材料は、100°Cにおける飽和磁束密度を

480 mT以上（測定磁界：1194 A/m）としつつ、コア損失の最小値を1200 kW/m³以下（測定条件：100 kHz、200 mT）、さらには1100 kW/m³以下（測定条件：100 kHz、200 mT）とすることができる。このように、本発明のフェライト材料によれば、高温域における高飽和

5 磁束密度という特性と、低損失という特性を兼備することができる。

さらにまた、本発明によるフェライト材料は、93%以上という高い相対密度を有し、しかも平均結晶粒径が5～30 μmという微細な結晶組織を有する焼結体として提供される。

そして、本発明によるフェライト材料は100°Cにおける飽和磁束密度が500 mT以上（測定磁界：1194 A/m）、コア損失の最小値が1000 kW/m³以下（測定条件：100 kHz、200 mT）、コア損失が最小値を示す温度であるボトム温度が80～120°C、室温での初透磁率が800以上という従来にない特性を得ることもできる。

15 図面の簡単な説明

第1図は第1実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第2図は第2実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第3図は第3実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第4図は第4実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第5図は第5実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第6図は第6実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第7図は第7実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第8図は第8実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第9図は第9実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第10図はL_i○_{0.5}量と100°Cにおける飽和磁束密度との関係を示すグラフ、第11図は第10実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第12図は第11実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表。

す図表、第13図は第12実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、同じく第14図は第12実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第15図は第13実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第16図は第14実施例で作5製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、第17図は第15実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表、同じく第18図は第15実施例で作製したフェライトコアの組成および磁気特性等を示す図表である。

10 発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の実施の形態について説明する。

はじめに、本発明のフェライトをMnZnNi系とする場合の組成の限定理由を説明する。

Fe₂O₃の量を増加すると高温域における飽和磁束密度が向上する一方、コ15ア損失が劣化する傾向にある。Fe₂O₃が62mol%より少ないと高温域における飽和磁束密度が低下する。一方、Fe₂O₃が68mol%を超えるとコア損失の増大が顕著となる。したがって、本発明ではFe₂O₃を62～68mol%とする。この範囲では、Fe₂O₃量の増加に伴ってボトム温度は高温側へシフトする。望ましいFe₂O₃の量は63～67mol%、さらに望ましい20Fe₂O₃の量は63～66mol%である。

ZnOの量も飽和磁束密度およびコア損失に影響を与える。ZnOが12mol%より少ないと飽和磁束密度が低下するとともに、損失が大きくなる。また、ZnOが20mol%を超えると飽和磁束密度が低下するとともに、損失が大きくなる。したがって本発明ではZnOを12～20mol%とする。この範囲では、ZnO量の増加に伴ってボトム温度は高温側へシフトする。望ましいZnOの量は13～19mol%、さらに望ましいZnOの量は14～18mol%である。

NiOは、キュリー温度の上昇に伴い飽和磁束密度を向上させるのに有効である。その効果を享受するために、本発明のフェライト材料は、NiOを0.2mol以上含有する。しかし、NiOの含有量が5mol以上を超えると、損失が大きくなる。したがって本発明では、NiOの量を0.2~5molとする。望ましいNiOの量は0.5~4mol、さらに望ましいNiOの量は2~4molである。

本発明のフェライト材料は主成分として、上記以外に実質的な残部としてMnOを含む。

以上、本発明のフェライトをMnZnNi系とする場合の組成の限定理由について述べた。以下に詳述する第1~第4副成分の添加は、MnZnNi系フェライトに限らず、MnZnLi系フェライト、MnZnNiLi系フェライト、主成分としてNiを含まないMnZn系フェライトの場合にも有効である。

本発明のフェライトを主成分としてNiを含まないMnZn系とする場合には、Fe₂O₃の量を62~68mol%、ZnOの量を12~23mol%、そして実質的な残部をMnOとするとともに、第1副成分としてSiをSiO₂換算で250ppm以下（但し、Oを含まず）およびCaをCaCO₃換算で2500ppm以下（但し、Oを含まず）の範囲で含むことが望ましい。第1副成分を含有させることで、Niを含まないMnZn系フェライトにおいても、コア損失の増加を抑制しつつ、飽和磁束密度を増加させることが可能となる。MnZn系フェライトを主成分とする場合における望ましいFe₂O₃の量は62~67mol%、望ましいZnOの量は13~22mol%、さらに望ましいFe₂O₃の量は63~67mol%、さらに望ましいZnOの量は15~21mol%である。

本発明のフェライトをMnZnLi系とする場合には、Fe₂O₃の量を62~68mol%、ZnOの量を12~23mol%、LiO_{0.5}の量を4mol%未満（但し、Oは含まず）、そして実質的な残部をMnOとする。LiO_{0.5}は、100°Cにおける飽和磁束密度を向上させるのに有効である。但し、4mol%以上を超えて含有させると、損失が大きくなるとともに、100°Cにお

ける飽和磁束密度が添加前と同等以下のレベルまで低下してしまう。望ましい $\text{LiO}_{0.5}$ の量は 0.2 ~ 3.5 mol %、さらに望ましい $\text{LiO}_{0.5}$ の量は 0.5 ~ 3 mol % である。

本発明のフェライトを MnZnNiLi 系とする場合には、 Fe_2O_3 の量を 5 6.2 ~ 6.8 mol %、 ZnO の量を 1.2 ~ 2.3 mol %、 NiO の量を 5 mol % 以下（但し、O を含まず）、 $\text{LiO}_{0.5}$ の量を 4 mol % 未満（但し、O は含まず）、そして実質的な残部を MnO とする。 NiO および $\text{LiO}_{0.5}$ の合計量は、0.2 ~ 5 mol % とすることが望ましい。より望ましい NiO および $\text{LiO}_{0.5}$ の合計量は、0.5 ~ 4 mol %、さらに望ましい NiO および $\text{LiO}_{0.5}$ の合計量は、1 ~ 3 mol % である。

つぎに、副成分の限定理由について説明する。

本発明のフェライト材料は、第 1 副成分として Si を SiO_2 换算で 250 ppm 以下（但し、O を含まず）および Ca を CaCO_3 换算で 2500 ppm 以下（但し、O を含まず）の範囲で含むことができる。 Si および Ca は、結晶粒界に偏析して高抵抗層を形成して低損失に寄与する。それに加え、 Si および Ca は、焼結助剤として焼結密度を向上する効果を有する。 Si が SiO_2 换算で 250 ppm を超え、あるいは Ca が CaCO_3 换算で 2500 ppm を超えると、不連続異常粒成長が生じ、損失の劣化が大きい。そこで本発明では、 Si を SiO_2 换算で 250 ppm 以下、 Ca を CaCO_3 换算で 2500 ppm 以下とする。一方、 Si が SiO_2 换算で 80 ppm 未満、あるいは Ca が CaCO_3 换算で 800 ppm 未満では上記効果を十分に得ることができないため、 Si は SiO_2 换算で 80 ppm 以上、 Ca は CaCO_3 换算で 800 ppm 以上、含有させることが望ましい。さらに望ましい Si および Ca の含有量は Si は SiO_2 换算で 80 ~ 200 ppm、 Ca は CaCO_3 换算で 1000 ~ 1800 ppm、より望ましい Si および Ca の含有量は Si は SiO_2 换算で 80 ~ 150 ppm、 Ca は CaCO_3 换算で 1200 ~ 1700 ppm である。

また、 Si と Ca を複合添加する場合には、 SiO_2 の含有量と CaCO_3 の

含有量との重量比 (SiO₂の含有量/CaCO₃の含有量) が 0.04~0.25、より望ましくは 0.05~0.2 の範囲になるように設定することが有効である。

本発明は第2副成分として、Nb₂O₅ : 400 ppm以下 (但し、Oを含まず)、ZrO₂ : 1000 ppm以下 (但し、Oを含まず)、Ta₂O₅ : 1000 ppm以下 (但し、Oを含まず)、In₂O₅ : 1000 ppm以下 (但し、Oを含まず)、Ga₂O₅ : 1000 ppm以下 (但し、Oを含まず) の一種または二種以上を含むことができる。これらの第2副成分を含有することによって、飽和磁束密度の向上および/または損失低減という効果を得ることができる。その効果を十分に享受するために、Nb₂O₅、ZrO₂、Ta₂O₅、In₂O₅、Ga₂O₅についての望ましい含有量は 50 ppm以上である。さらに望ましい含有量は、Nb₂O₅ : 80~300 ppm、ZrO₂ : 200~800 ppm、Ta₂O₅ : 200~800 ppm、In₂O₅ : 200~800 ppm、Ga₂O₅ : 200~800 ppmである。なお、第2副成分を複合して添加する場合、添加量の合計は 1000 ppm以下とすることが望ましい。

本発明は第3副成分として、SnO₂ : 10000 ppm以下 (但し、Oを含まず) および TiO₂ : 10000 ppm以下 (但し、Oを含まず) の一種または二種を含むことができる。SnO₂およびTiO₂は、結晶粒内および結晶粒界に存在し、損失低減の効果がある。但し、SnO₂およびTiO₂は、その含有量が 10000 ppmを超えると、不連続異常粒成長を原因とする損失の劣化や飽和磁束密度の低下を招く。そのために本発明では、SnO₂の上限値およびTiO₂の上限値をそれぞれ 10000 ppmとする。一方、上述した損失低減という効果を十分享受するためには、第3副成分を 500 ppm以上含有させることが望ましい。さらに望ましい第3副成分の含有量は、SnO₂ : 100~8000 ppm、TiO₂ : 1000~8000 ppmである。より望ましい第3副成分の含有量は、SnO₂ : 1000~7000 ppm、TiO₂ : 1000~7000 ppmである。なお、第3副成分を複合して添加する場合、添加量の合計は 10000 ppm以下とすることが望ましい。

本発明は第4副成分として、P換算でのPの化合物：35 ppm以下（但し、Oを含まず）、 MoO_3 ：1000 ppm以下（但し、Oを含まず）、 V_2O_5 ：1000 ppm以下（但し、Oを含まず）、 GeO_2 ：1000 ppm以下（但し、Oを含まず）、 Bi_2O_3 ：1000 ppm以下（但し、Oを含まず）、 Sb_2O_3 ：5 3000 ppm以下（但し、Oを含まず）の一種または二種以上を含むことができる。第4副成分は、焼結助剤として焼結密度を向上する効果を有するとともに、低温焼成に寄与する。具体的には、第4副成分を本発明が推奨する範囲内で含めることにより、1340°C以下、さらには約1300°Cという比較的低温で焼成を行った場合にも、95%以上の相対密度、450mT以上の飽和磁束密度（測定磁界：1194A/m）、かつコア損失の最小値を1000kW/m³以下（測定条件：100kHz、200mT）とすることが可能となる。その効果を十分に享受するために、 MoO_3 、 V_2O_5 、 GeO_2 、 Bi_2O_3 、 Sb_2O_3 についての望ましい含有量は50 ppm以上である。また、P換算でのPの化合物についての望ましい含有量は5 ppm以上である。より望ましい含有量は、 MoO_3 、 V_2O_5 については700 ppm以下、 GeO_2 、 Bi_2O_3 については500 ppm以下、P換算でのPの化合物については25 ppm以下、 Sb_2O_3 については2500 ppm以下である。さらに望ましい含有量は、 MoO_3 ：100～600 ppm、 V_2O_5 ：100～600 ppm、 GeO_2 ：100～400 ppm、 Bi_2O_3 ：100～400 ppm、P換算でのPの化合物：5～20 ppm、 Sb_2O_3 ：200～2000 ppmである。なお、第4副成分を複合して添加する場合、添加量の合計は2500 ppm以下とすることが望ましい。

本発明のフェライト材料は、上述した組成を適宜選択することにより、100°Cにおける飽和磁束密度が450mT以上（測定磁界：1194A/m）、かつコア損失の最小値が1200kW/m³以下（測定条件：100kHz、200mT）という特性を得ることができる。さらには、100°Cにおける飽和磁束密度が480mT以上（測定磁界：1194A/m）、かつコア損失の最小値が1100kW/m³以下（測定条件：100kHz、200mT）とすること

もできる。特に望ましい組成を選択することにより、100°Cにおける飽和磁束密度が500mT以上（測定磁界：1194A/m）、コア損失の最小値が1000kW/m³以下（測定条件：100kHz、200mT）という従来では得ることのできなかった特性を得ることもできる。

5 本発明のフェライト材料は、以上の特性に加えて、ボトム温度を60～130°C、さらには80～120°Cの範囲に設定することができる。したがって、本発明のフェライト材料を用いたフェライト部品は、その実用的な使用温度帯域にボトム温度が存在することになる。しかも本発明のフェライト材料は、室温における初透磁率が700以上、さらには800以上という高い値を有して
10 いる。

次に、本発明によるフェライト材料にとって好適な製造方法を説明する。

主成分の原料としては、酸化物または加熱により酸化物となる化合物の粉末を用いる。具体的には、Fe₂O₃粉末、Mn₃O₄粉末およびZnO粉末等を用いることができる。なお、主成分をMnZnNi系とする場合（MnZnNi
15 Li系とする場合も同様）には、さらにNiO粉末等を用意する。主成分をMnZnLi系とする場合（MnZnNiLi系とする場合も同様）には、さらにLi₂CO₃粉末等を用意する。各原料粉末の平均粒径は0.1～3.0μmの範囲で適宜選択すればよい。

主成分の原料粉末を湿式混合した後、仮焼きを行う。仮焼きの温度は、80
20 0～1000°Cの範囲内で選択すればよい。また仮焼き雰囲気は、N₂または大気とすればよい。仮焼きの安定時間は0.5～5.0時間の範囲内で適宜選択すればよい。仮焼き後、仮焼き体を例えば、平均粒径0.5～2.0μm程度まで粉碎する。なお、本発明では、上述の主成分の原料に限らず、2種以上の金属を含む複合酸化物の粉末を主成分の原料としてもよい。例えば、塩化鉄および塩化マンガンを含有する水溶液を酸化培焼することにより、FeおよびMnを含む複合酸化物の粉末が得られる。この複合酸化物の粉末とZnO粉末を混合して主成分原料としてもよい。このような場合には、仮焼きは不要である。

同様に副成分の原料として、酸化物または加熱により酸化物となる化合物の

粉末を用いることもできる。具体的には、 SiO_2 , CaCO_3 , Nb_2O_5 , ZrO_2 , Ta_2O_5 , In_2O_5 , Ga_2O_5 , SnO_2 , TiO_2 , MoO_3 , V_2O_5 , GeO_2 , Bi_2O_3 , Sb_2O_3 等を用いることができる。また、第4副成分としてP化合物を選択する場合には、加熱によりP化合物が得られる粉末、例えれば($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)等を用いることができる。これら副成分の原料粉末は、仮焼き後に粉碎された主成分の粉末と混合される。但し、副成分の原料粉末と主成分の原料粉末とを混合した後に、その混合粉末を仮焼きすることもできる。

主成分および副成分からなる混合粉末は、後の成形工程を円滑に実行するために顆粒に造粒される。造粒は例えばスプレードライヤを用いて行うことができる。混合粉末に適当な結合材、例えはポリビニルアルコール(PVA)を少量添加し、これをスプレードライヤで噴霧、乾燥する。このようにして得られる顆粒は、その平均粒径が80~200 μm 程度であることが望ましい。

得られた顆粒は、例えは所定形状の金型を有するプレスを用いて所望の形状に成形される。そして、次の焼成工程で、成形体は焼成される。

15 焼成工程においては、焼成温度と焼成雰囲気を制御する必要がある。

焼成温度は1250~1450°Cの範囲から適宜選択することができる。但し、本発明のフェライト材料の効果を十分引き出すには、1300~1400°Cの範囲で成形体を焼成することが望ましい。

本発明によるフェライト材料は、93%以上、さらに望ましくは95%以上の相対密度を得ることができる。

本発明によるフェライト材料は、平均結晶粒径は5~30 μm の範囲とすることが望ましい。平均結晶粒径が5 μm より小さいと、ヒステリシス損失が大きくなる。一方、平均結晶粒径が30 μm を超えるほど大きいと、渦電流損失が大きくなるからである。望ましい平均結晶粒径は、10~20 μm である。

25

次に、具体的な実施例を挙げて本発明を更に詳細に説明する。以下に示す第1実施例~第6実施例および第8実施例はMnZnNi系フェライトに関するものである。また、第7実施例はMnZn系フェライト、第9実施例~第12

実施例はMnZnLi系フェライト、第13実施例～第15実施例はMnZnNiLi系フェライトに関するものである。

(第1実施例)

5 MnZnNi系フェライトの望ましい組成を確認するために行った実験を、第1実施例として示す。

第1図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。

主成分の原料として、 Fe_2O_3 粉末、 MnO 粉末、 ZnO 粉末および NiO 粉末を用いた。これらの粉末を湿式混合した後、900°Cで2時間仮焼した。

10 次いで、主成分の原料の仮焼物と副成分の原料とを混合した。副成分の原料として、 SiO_2 粉末、 $CaCO_3$ 粉末、 Nb_2O_5 粉末を用いた。主成分原料の仮焼物に副成分の原料を添加して、粉碎しながら混合した。粉碎は、仮焼物の平均粒径が約 $1.5\mu m$ となるまで行った。得られた混合物にバインダを加え、顆粒化した後、成形してトロイダル形状の成形体を得た。

15 得られた成形体を酸素分圧制御下において、温度1350°C(安定部5時間、安定部酸素分圧1%)で焼成することにより、フェライトコアを得た。

また、このフェライトコアを用いて、100°Cにおける飽和磁束密度(B_s 、測定磁界: 1194 A/m)、コア損失の最小値(P_{cv} 、測定条件: 100 kHz、200 mT)、初透磁率(μ_i 、測定温度: 25°C、測定周波数: 100 kHz)を測定した。その結果を第1図に併せて示す。また、第1図中、従来例1～4は、特開2000-159523号公報に開示されたMnZn系フェライト材料の特性等を示している。

25 第1図に示すように、本発明によるフェライト材料(試料No. 1～8)は、従来例1～4と同等の450 mT以上の飽和磁束密度を有している。その上、本発明によるフェライト材料はコア損失が $1000 kW/m^3$ 以下であり、従来例1～4と比較すると、コア損失が大幅に低減されていることがわかる。本発明によれば、500 mT以上の飽和磁束密度および $900 kW/m^3$ 以下のコア損失を兼備することも可能である。さらには、500 mT以上の飽和磁束密度

および 800 kW/m^3 以下のコア損失を兼備することも可能である。

比較例1、試料No. 1、試料No. 2、試料No. 3および比較例2は、この順に Fe_2O_3 が増加している。その中で、 Fe_2O_3 が 60.0 mol\% と本発明の範囲より少ない場合（比較例1）、および 70.0 mol\% と本発明の範囲より多い場合（比較例2）に飽和磁束密度が低くかつコア損失が大きいことがわかる。

次に、比較例3、試料No. 4、試料No. 5および比較例4は、この順に ZnO が増加している。その中で、 ZnO が 10.0 mol\% と本発明の範囲より少ない場合（比較例3）、および 21.0 mol\% と本発明の範囲より多い場合（比較例4）に飽和磁束密度が低くコア損失が大きいことがわかる。

以上の結果より、本発明を MnZnNi 系に適用する場合において、高い飽和磁束密度、かつ低いコア損失を確保するために、 Fe_2O_3 を $62\sim68\text{ mol\%}$ の範囲、 ZnO を $12\sim20\text{ mol\%}$ の範囲に設定することが重要であることがわかる。

試料No. 6、試料No. 7、試料No. 8および比較例5は、この順に NiO が増加している。本発明による試料および比較例を見ると、 NiO 量の変動により、コア損失や飽和磁束密度が変動することがわかる。

NiO 量が 2.0 mol\% の場合、 NiO 量が 4.0 mol\% の場合に、特に高い飽和磁束密度を示していること、 NiO 量が 6.0 mol\% である比較例5のコア損失が 1300 kW/m^3 を超えることを考慮して、 NiO の添加量を設定する必要がある。 NiO の添加量は $2\sim4\text{ mol\%}$ 近傍とすることが最も望ましい。

ボトム温度（B. Temp.）に着目すると、本発明によるフェライト材料は、ボトム温度を $80\sim120^\circ\text{C}$ の範囲内に設定することができる。また、初透磁率（ μ_i ）についても、本発明による試料は、従来例と同等の値を得ていることがわかる。

（第2実施例）

MnZnNi系フェライトにおいて、第1副成分の望ましい添加量を確認するために行った実験を、第2実施例として示す。

第1実施例と同様の工程により、第2図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第1実施例と同様の条件で、磁気特性等を測定した。その
5 結果を第2図に併せて示す。

第2図に示すように、第1副成分としてのSiおよびCaを所定量添加することによって、コア損失 (Pcv) を低減できることがわかる。但し、Siの場合には、その添加量がSiO₂換算で300 ppmになるとコア損失が大きくなる。一方、Caの場合には、その添加量がCaCO₃換算で3000 ppmの
10 添加量になると、コア損失が大きくなる。

(第3実施例)

MnZnNi系フェライトにおいて、第2副成分または第4副成分の添加に伴う磁気特性等の変動を確認するために行った実験を、第3実施例として示す。

15 第1実施例と同様の工程により、第3図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第1実施例と同様の条件で、磁気特性等を測定した。その結果を第3図に併せて示す。

第3図に示すように、第2副成分 (Nb₂O₅, ZrO₂, Ta₂O₅, In₂O₅, Ga₂O₅) または第4副成分 (V₂O₅, GeO₂) を添加しても、500m
20 T近傍の飽和磁束密度 (Bs) を有していながら、1200 kW/m³以下のコア損失 (Pcv) が得られることがわかった。第2副成分の中ではNb₂O₅、ZrO₂、Ta₂O₅、第4副成分の中ではGeO₂が、コア損失を低減させる効果が大きい。そのNb₂O₅について言えば、400 ppmを超える量の添加はかえってコア損失を増大させるので、400 ppm以下の添加量とすることが
25 望ましい。

(第4実施例)

MnZnNi系フェライトにおいて、第3副成分の添加に伴う磁気特性等の

変動を確認するために行った実験を、第4実施例として示す。

第1実施例と同様の工程により、第4図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第1実施例と同様の条件で、磁気特性等を測定した。その結果を第4図に併せて示す。

5 第4図に示すように、第3副成分として SnO_2 または TiO_2 を添加することにより、コア損失（ P_{cv} ）を低減できることがわかる。但し、その添加量が多くなると飽和磁束密度（ B_s ）が低下する傾向にある。よって、第3副成分として SnO_2 または TiO_2 を添加する場合には、それぞれの添加量を10000 ppm以下の量とすることが望まれる。

10

（第5実施例）

MnZnNi 系フェライトにおいて、焼成条件を変化させた場合の磁気特性等の変動を確認するために行った実験を、第5実施例として示す。

15 焼成温度と焼成時の酸素分圧を第5図に示す条件とする以外は第1実施例と同様の工程により、第5図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第1実施例と同様の条件で磁気特性等を測定した。その結果を第5図に併せて示す。

20 第5図に示すように、焼成温度が高くなるにつれて飽和磁束密度（ B_s ）は向上する傾向にある。その一方で、焼成温度が高くなるにつれて、コア損失（ P_{cv} ）が高くなり、また初透磁率（ μ_i ）が低下する傾向にある。したがって、焼成温度は1380°C以下、より具体的には1300~1380°Cの範囲で設定することが望ましい。

試料No. 35~37、試料No. 40~43については、相対密度を測定した。また、試料No. 35、試料No. 40~43については、平均結晶粒径も測定した。その結果を第5図に併せて示す。試料No. 35~37、試料No. 40~43で得られたフェライトコアは、いずれも相対密度が95%以上であった。また、試料No. 35、試料No. 40~43で得られたフェライトコアは、平均結晶粒径が10~25 μmの範囲にあった。

また、試料No. 36～39の結果から、第4副成分としてのMoO₃、Pは、1300°Cという比較的低温の焼成温度であっても、高い飽和磁束密度を得ることができる有効な添加物であることがわかる。よって、MoO₃、P等の第4副成分を所定量添加した場合には、焼成温度を1340°C以下、さらには12580～1330°C程度に設定することができると推察される。なお、試料No. 38、39以外の試料も不純物としてPを7 ppm程度含んでいる。

(第6実施例)

MnZnNi系フェライトにおいて、第4副成分を添加して低温焼成を行った場合の磁気特性等の変動を確認するために行った実験を、第6実施例として示す。

焼成温度を1300°C、焼成時の酸素分圧を0.5%とし、かつ第4副成分を添加した以外は第1実施例と同様の工程により、第6図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第1実施例と同様の条件で磁気特性等を測定した。その結果を第6図に併せて示す。なお、Pを除く第4副成分は酸化物として添加した。Pについてはリン酸カルシウムとして添加した。第6図中、PについてはP換算での添加量を示している。また、焼成温度を1300°Cとするが第4副成分を添加していないフェライトコア(試料No. 35)の特性、第4副成分としてのMoO₃を添加したフェライトコア(試料No. 36、37)の特性も、比較の便宜のために第6図に併せて示す。なお、試料No. 44～57の焼成時間はいずれも5時間である。

第6図に示すように、第4副成分を添加することによって、飽和磁束密度(B_s)が向上した。しかも、第4副成分を添加した試料No. 36、37、44～57は、いずれも1000 kW/m³以下のコア損失(P_cv)を得ている。よって、第4副成分の添加は、コア損失(P_cv)の上昇を抑えつつ、飽和磁束密度(B_s)を向上させる上で有効であるといえる。

また、ボトム温度(B. Temp.)に着目すると、本発明によるフェライト材料は、ボトム温度を80～120°Cの範囲内に設定することができることがわかる。

さらに、初透磁率 (μ_i) についても、本発明によるフェライト材料は、従来例と同等の値を得ていることがわかる。また、本発明によるフェライト材料は、いずれも 9.5 % 以上の相対密度を示した。

以上の結果から、第 4 副成分を添加することによって、焼成温度が 1300°C の場合であっても、490 mT 以上の飽和磁束密度 (B_s) および 1000 kW/m³ 以下のコア損失 (P_{c v}) を達成することができる事がわかった。また、ボトム温度については 80 ~ 120°C の範囲内、さらには 90 ~ 100°C の範囲内に設定することができる事も確認できた。

10 (第 7 実施例)

Ni を主成分として含有しない Mn-Zn 系フェライトにおいても、第 4 副成分の添加が有効であることを確認するために行った実験を、第 7 実施例として示す。

主成分の原料として NiO 粉末を用い、かつ第 4 副成分を添加した以外は 15 第 1 実施例と同様の工程により、第 7 図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第 1 実施例と同様の条件で、磁気特性等を測定した。その結果を第 7 図に併せて示す。なお、試料 No. 58 ~ 61 の焼成時間、焼成時の酸素分圧も、第 7 図に併せて示す。

第 7 図に示すように、試料 No. 58 と試料 No. 59 は、試料 No. 59 が第 4 副成分としての MnO₃ を添加されたものであることを除き、同一の条件で作製されたものである。試料 No. 58 と試料 No. 59 を比較すると、MnO₃ を添加した試料 No. 59 の方が高い相対密度および飽和磁束密度 (B_s) を示している。よって、Ni を主成分として含有しない場合においても、第 4 副成分としての MnO₃ を添加することにより、相対密度および飽和磁束密度 25 (B_s) が向上することがわかった。

ここで、ともに MnO₃ を 100 ppm 添加されたものであるが、その焼成温度が相違する試料 No. 59 (焼成温度: 1350°C) と試料 No. 61 (焼成温度: 1300°C) を比較すると、試料 No. 61 は 511 mT という高い

飽和磁束密度 (B_s) を示しつつ、試料N_{o.} 59よりも低いコア損失 (P_c_v) を示した。よって、Niの有無に拘わらず、第4副成分の添加は、130 0°Cという比較的低温での焼成を可能にする上で有効であることが確認された。

以上説明の通り、Niを主成分として含有しない場合においても、第4副成分の添加が飽和磁束密度 (B_s) の向上および低温焼成に寄与することがわかった。また、Niを主成分として含有しない場合においても、ボトム温度を100～110°Cの範囲内に設定することができる事がわかった。

(第8実施例)

10 MnZnNi系フェライトにおいて、焼成時の酸素分圧と磁気特性等の関係を確認するために行った実験を、第8実施例として示す。

焼成温度および焼成時の酸素分圧を第8図に示す条件とする以外は第1実施例と同様の工程により、第8図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第1実施例と同様の条件で磁気特性等を測定した。その結果を第8図に15併せて示す。

第8図において、試料N_{o.} 62～66を見ると、焼成時の酸素分圧が変動するとコア損失 (P_c_v) が変動する。そして、より低いコア損失を得たい場合には、焼成時の酸素分圧を1%以上にすることが望ましいことがわかる。

20 (第9実施例)

MnZnLi系フェライトにおける、望ましいLi量を確認するために行った実験を、第9実施例として示す。

主成分の原料として、NiO粉末を用いずにLi₂CO₃粉末を用いた以外は、第1実施例と同様の工程により、第9図に示す組成を有するフェライトコア（試料N_{o.} 67、68、比較例9）を作製した。なお、比較例10は、主成分の原料としてLi₂CO₃粉末を用いなかった点を除けば、試料N_{o.} 67、68、比較例9と同様の条件で作製されている。

これらのフェライトコアを用いて、室温および100°Cにおける飽和磁束密

度 (B_s, 測定磁界: 1194 A/m)、コア損失の最小値 (P_cv, 測定条件: 100 kHz, 200 mT)、ボトム温度 (B. Temp.)、初透磁率 (μ_i , 測定温度: 25°C、測定周波数: 100 kHz) を測定した。その結果を第9図に併せて示す。また、L_iO_{0.5}量と100°Cにおける飽和磁束密度との関係を第10図に示す。

まず、100°Cにおける飽和磁束密度に着目する。

第9図および第10図に示すように、L_iO_{0.5}量 (以下、単に「L_i量」という場合がある) が増加するにつれて、100°Cにおける飽和磁束密度が徐々に向上し、L_i量が 1 mol% 以上になると、500 mT 以上の飽和磁束密度を示す。但し、L_i量 1~2 mol% をピークとして、飽和磁束密度は徐々に低下し、L_i量が 4 mol% になると、L_i含有なしの場合と同じ値を示す。

以上の結果から、L_iO_{0.5}量を 4 mol% 未満の範囲内で含有させることで、100°Cにおける飽和磁束密度を 490 mT 以上、さらには 500 mT 以上とすることができる事が確認された。望ましい L_iO_{0.5}量は 0.2~3.5 mol%、さらに望ましい L_iO_{0.5}量は 0.5~3 mol% である。

ここで、第9図には、100°Cにおける飽和磁束密度とともに、室温における飽和磁束密度も示している。

第9図に示すように、室温では、L_i含有なしの場合が最も高い飽和磁束密度を示し、L_i量が増加するにつれて飽和磁束密度が徐々に低下する。つまり、L_iの含有に伴う、室温における飽和磁束密度の変動は、上述した 100°C における場合と異なる傾向を示す。

室温における飽和磁束密度と、100°Cにおける飽和磁束密度の比較から、所定量の L_i 含有による飽和磁束密度の向上という効果は、高温域で得られる特異な効果であることが確認された。

次に、第9図のコア損失の最小値 (P_cv) およびボトム温度 (B. Temp.) に着目する。

第9図に示すように、L_i の含有により、ボトム温度が高温側にシフトする。そして、L_i を所定量含有する本発明によるフェライト材料によれば、ボトム

温度を80～120°Cの範囲内に設定することができること、その温度範囲におけるコア損失の最小値を1200kW/m³以下にすることができる確認された。

5 Liを含有しない場合には、ボトム温度が40°Cと低い。一方、Li量が4m o 1%になると、ボトム温度を80～120°Cの範囲内に設定することは可能であるが、コア損失が1800kW/m³以上と大きくなってしまう。

第9図の初透磁率(μ_i)に着目すると、本発明による試料No. 67、68は、700以上という高い初透磁率を得ていることがわかる。

以上の結果から、フェライト焼結体にLiO_{0.5}を4m o 1%未満の範囲内で10含有させることで、100°Cにおける飽和磁束密度を向上させることができることがわかった。また、所定量のLiの含有は、ボトム温度を80～120°Cの範囲内に設定すること、およびこの温度範囲におけるコア損失の最小値を1200kW/m³以下とする上でも有効であることがわかった。

15 (第10実施例)

MnZnLi系フェライトの望ましい組成を確認するために行った実験を、第10実施例として示す。

第9実施例と同様の工程により、第11図に示す組成を有するフェライトコアを作製するとともに、第9実施例と同様に特性等を測定した。その結果を第20第11図に併せて示す。

また、第11図中、従来例1～4は、特開2000-159523号公報に開示されたMnZn系フェライト材料の特性等を示している。

第11図に示すように、本発明によるフェライト材料は、いずれもボトム温度を80～120°Cの範囲内に設定することができるるとともに、従来例1～3よりも高い480mT以上の飽和磁束密度を有している。その上、本発明によるフェライト材料は、コア損失が1200kW/m³以下となっており、従来例と比べて、コア損失が低減されていることがわかる。

従来例4は503mTという高い飽和磁束密度を得ているものの、コア損失

が 1800 kW/m^3 以上と大きく、また初透磁率も 500 未満の値を示す。これに対し、本発明によるフェライト材料によれば、 480 mT 以上の飽和磁束密度および 1200 kW/m^3 以下のコア損失、600 以上の初透磁率を兼備することが可能である。

5 比較例 11, 試料 No. 69, 試料 No. 68, 試料 No. 70 および比較例 12 は、この順に Fe_2O_3 が増加している。その中で、 Fe_2O_3 が 60.0 mol\% と本発明の範囲より少ない場合、および 70.0 mol\% と本発明の範囲より多い場合に飽和磁束密度が低くかつコア損失が大きいことがわかる。

10 次に、比較例 13, 試料 No. 71, 試料 No. 72 および比較例 14 は、この順に ZnO が増加している。その中で、 ZnO が 11.0 mol\% と本発明の範囲より少ない場合に、コア損失が大きいことがわかる。一方、 ZnO が 21.0 mol\% と本発明の範囲より多い場合には、ボトム温度を $80 \sim 120^\circ\text{C}$ の範囲内に設定することができない。

15 以上の結果より、ボトム温度を $80 \sim 120^\circ\text{C}$ の範囲内に設定しつつ、高い飽和磁束密度および低いコア損失という効果を享受するためには、 Fe_2O_3 を $62 \sim 68 \text{ mol\%}$ の範囲、 ZnO を $12 \sim 20 \text{ mol\%}$ の範囲に設定することが重要であることが確認された。また、初透磁率 (μ_i) についても、本発明による試料はいずれも 700 以上という高い値を示す。

20 (第 11 実施例)

MnZnLi 系フェライトにおいて、第 1 副成分の望ましい添加量を確認するために行った実験を、第 11 実施例として示す。

25 第 9 実施例と同様の工程により、第 12 図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第 9 実施例と同様の条件で、磁気特性等を測定した。その結果を第 12 図に併せて示す。

第 12 図において、試料 No. 73 ~ 75 を見ると、第 1 副成分としての Si および Ca の添加量の変動に伴い、飽和磁束密度、コア損失および初透磁率が変動する。試料 No. 73 と試料 No. 74 を比較すると、 Si は、飽和磁

束密度を向上させる上で有効であるといえる。また、試料N o. 73と試料N o. 75の特性を比較すると、S iおよびC aの添加量がいずれも試料N o. 75よりも少ない試料N o. 73の方が、高い飽和磁束密度および低いコア損失を示すことから、S iおよびC aを複合添加する場合にも適切な添加量があると推察される。

5 (第12実施例)

Mn Z n L i系フェライトにおいて、第2副成分、第3副成分および第4副成分の添加に伴う磁気特性等の変動を確認するために行った実験を、第12実施例として示す。第9実施例と同様の工程により、第13図および第14図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第9実施例と同様の条件下で、磁気特性等を測定した。その結果を第13図および第14図に併せて示す。

第13図に示すように、第2副成分 (N b₂O₅, Z rO₂, T a₂O₅, I n₂O₅, G a₂O₅)、第3副成分 (S nO₂, T iO₂) または第4副成分 (G eO₂, V₂O₅) を添加しても、480mT以上の飽和磁束密度 (B_s) および1200kW/m³以下のコア損失 (P_{c v}) を兼備している。

また、第14図に示すように、第4副成分を添加した試料N o. 86～91はいずれも1300°Cという比較的低温な焼成温度においても、95%以上の相対密度、490mT以上の飽和磁束密度 (B_s) および1100kW/m³以下のコア損失 (P_{c v}) を達成している。

さらに、第13図および第14図に示すように、第4副成分を添加した場合にも、ボトム温度 (B. Temp.) を所望の温度範囲内 (60～130°C) に設定することができる。

25 (第13実施例)

Mn Z n N i L i系フェライトの望ましい組成を確認するために行った実験を、第13実施例として示す。

主成分の原料として、さらにL i₂CO₃粉末を用いた以外は、第1実施例と

同様の工程により、第15図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第1実施例と同様の条件で、磁気特性等を測定した。その結果を第15図に併せて示す。なお、比較の便宜のために、第15図中には、従来例1～4として特開2000-159523号公報に開示されたMnZn系フェライト5材料の特性等を、従来例5、6として特公昭63-59241号公報に開示されたMnZn系フェライト材料の特性等を示している。

第15図に示すように、本発明によるフェライト材料は、いずれもボトム温度を80～120°Cの範囲内に設定することが可能である。その上、本発明によるフェライト材料は、コア損失を1300kW/m³以下と、従来例よりも低い値とすることができる。さらに、本発明によるフェライト材料は、480mT以上という高い飽和磁束密度と600以上の初透磁率を兼備することが可能である。

比較例15、試料No. 92、試料No. 93および比較例16は、この順にFe₂O₃が増加している。その中で、Fe₂O₃が60.0mol%と本発明の範囲より少ない場合、および70.0mol%と本発明の範囲より多い場合には、480mT以上の高い飽和磁束密度が得ることができず、かつコア損失が大きいことがわかる。

次に、比較例17、試料No. 94、試料No. 95および比較例18は、この順にZnOが増加している。その中で、ZnOが10.0mol%と本発明の範囲より少ない場合に、コア損失が大きいことがわかる。一方、ZnOが21.0mol%と本発明の範囲より多い場合には、ボトム温度を80～120°Cの範囲内に設定することができない。

試料No. 93、試料No. 96および比較例19は、この順にNiOが増加している。これらの特性に着目すると、NiO量の変動により、コア損失や飽和磁束密度が変動することがわかる。また、NiO量の増加に伴い、ボトム温度が高温側にシフトすることがわかる。

NiO量が0.5mol%の試料No. 93、NiO量が4.0mol%の試料No. 96が、特に高い飽和磁束密度を示していること、NiO量が6.

0 m o 1 %の比較例 1 9 のコア損失が 1 3 0 0 kW/m³を超えることを考慮して、NiOの含有量を設定する必要がある。NiOの含有量は 0. 2 ~ 5 m o 1 %、さらには 2 ~ 4 m o 1 %近傍とすることが最も望ましい。

試料No. 93、試料No. 97および比較例 20 は、この順に LiO_{0.5} 量が増加している。これらの特性に着目すると LiO_{0.5} 量の変動により、飽和磁束密度やコア損失およびボトム温度が変動することがわかる。

まず、ボトム温度に着目すると、LiO_{0.5} 量の増加に伴い、ボトム温度が高温側にシフトすることがわかる。LiO_{0.5} 量が 4. 0 m o 1 %の比較例 20 は、ボトム温度を所望の範囲内 (60 ~ 130°C) に設定することができない。また比較例 20 は、コア損失が 1 6 0 0 kW/m³以上と大きいことを考慮して、LiO_{0.5} 量は 4 m o 1 %未満とする。

一方、LiO_{0.5} 量が 0. 5 m o 1 %の試料No. 93 および LiO_{0.5} 量が 2. 0 m o 1 %の試料No. 97 によれば、ボトム温度を 80 ~ 100°C と、所望の範囲内とすることができます。しかも、試料No. 93 および試料No. 97 はいずれもコア損失を 1 2 0 0 kW/m³以下としつつ、500 mT 以上という高い飽和磁束密度を得ている。よって、LiO_{0.5} の含有量は 4 m o 1 %未満、さらには 0. 2 ~ 3 m o 1 %程度とすることが望ましい。

以上の結果より、ボトム温度を 60 ~ 130°C、さらには 80 ~ 120°C の範囲内に設定しつつ、高い飽和磁束密度および低いコア損失という効果を享受するためには、Fe₂O₃を 6.2 ~ 6.8 m o 1 %の範囲、ZnOを 1.2 ~ 2.0 m o 1 %の範囲、NiOを 5 m o 1 %以下 (但し、Oを含まず)、LiO_{0.5}を 4 m o 1 %未満 (但し、Oを含まず) の範囲に設定することが重要であることが確認された。また、初透磁率 (μ_i) についても、本発明による試料はいずれも 700 以上という高い値を示す。

ここで、第 15 図には、従来例 5 として、主組成に Ni を含有する MnZnNi 系フェライト材料のボトム温度を示している。また、従来例 6 として、主組成に Li を含有する MnZnLi 系フェライト材料のボトム温度を示している。NiOを 5 m o 1 %以下 (但し、Oを含まず) および LiO_{0.5}を 4 m o 1 %

未満（但し、0を含まず）の範囲内で含有する本発明の試料N o. 92～97では、ボトム温度を80～120°Cの範囲内に設定することができたのに対し、従来例5、6はいずれもボトム温度が240°C以上と高く、本発明が所望している範囲内（60～130°C）にボトム温度を設定することができていない。

5 このことからも、主組成を構成する成分の選択のみならず、その組合せ、および各成分の含有量がボトム温度等の特性を大きく左右していることがわかる。

（第14実施例）

MnZnNiLi系フェライトにおいて、第1副成分の望ましい添加量を確認するために行った実験を、第14実施例として示す。

第13実施例と同様の工程により、第16図に示す組成を有するフェライトコアを作製するとともに、第13実施例と同様に特性等を測定した。その結果を第16図に併せて示す。

第16図から、第1副成分としてのSiおよびCaの添加量の変動に伴い、15飽和磁束密度、コア損失および初透磁率が変動することがわかる。そして、SiおよびCaの添加量を適切な範囲とすることにより、コア損失を1200kW/m³以下としつつ、500mT以上という高い飽和磁束密度を得ることができる。

20 （第15実施例）

MnZnNiLi系フェライトにおいて、第2副成分、第3副成分および第4副成分の添加に伴う磁気特性等の変動を確認するために行った実験を、第15実施例として示す。

第13実施例と同様の工程により、第17図および第18図に示す組成を有するフェライトコアを作製した。また、第13実施例と同様の条件で、磁気特性等を測定した。その結果を第17図および第18図に併せて示す。

第17図に示すように、第2副成分（Nb₂O₅、ZrO₂、Ta₂O₅、In₂O₅、Ga₂O₅）、第3副成分（SnO₂、TiO₂）または第4副成分（GeO

₂, V₂O₅) を添加しても、490 mT 以上の飽和磁束密度および 1300 kW/m³ 以下のコア損失 (Pc v) を兼備している。

また、第 18 図に示すように、第 4 副成分を添加した試料 N o 111 ~ 116 はいずれも 1300 °C という比較的低温な焼成温度においても、95% 以上の相対密度、490 mT 以上の飽和磁束密度 (B_s) および 1200 kW/m³ 以下のコア損失 (Pc v) を達成している。

さらに、第 17 図および第 18 図に示すように、第 4 副成分を添加した場合にも、ボトム温度 (B. Temp.) を所望の温度範囲内 (60 ~ 130 °C) に設定することができる。

10

産業上の利用可能性

以上詳述したように、本発明によれば、100 °C 近傍の高温域における飽和磁束密度が高く、かつ損失が低いフェライト材料の提供を得ることができる。

さらに本発明によれば、一般的なトランス等が使用される温度帯域 (60 ~ 130 °C) にボトム温度が設定可能であり、かつその温度帯域における飽和磁束密度が高く、かつ損失が低いフェライト材料を得ることができる。

請求の範囲

1. Fe_2O_3 : 6.2 ~ 6.8 mol %, ZnO : 1.2 ~ 2.0 mol %, NiO : 0.2 ~ 5 mol %, 残部実質的に MnO を主成分とする焼結体からなり、
5 100°C における飽和磁束密度が 4.50 mT 以上 (測定磁界 : 1194 A/m)、かつコア損失の最小値が 1200 kW/m³ 以下 (測定条件 : 100 kHz, 200 mT) であることを特徴とするフェライト材料。
2. Fe_2O_3 : 6.2 ~ 6.8 mol %, ZnO : 1.2 ~ 2.0 mol %, $\text{LiO}_{0.5}$: 4 mol % 未満 (但し、O を含まず)、残部実質的に MnO を主成分とする焼結体からなることを特徴とするフェライト材料。
10 3. 前記焼結体中の $\text{LiO}_{0.5}$ 量が 0.2 ~ 3 mol % であることを特徴とする請求項 2 に記載のフェライト材料。
15 4. Fe_2O_3 : 6.2 ~ 6.8 mol %, ZnO : 1.2 ~ 2.0 mol %, NiO : 5 mol % 以下 (但し、O を含まず), $\text{LiO}_{0.5}$: 4 mol % 未満 (但し、O を含まず)、残部実質的に MnO を主成分とする焼結体からなることを特徴とするフェライト材料。
20 5. 第 1 副成分として、Si を SiO_2 換算で 250 ppm 以下 (但し、O を含まず) および Ca を CaCO_3 換算で 2500 ppm 以下 (但し、O を含まず) 含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のフェライト材料。
25 6. Fe_2O_3 : 6.2 ~ 6.8 mol %, ZnO : 1.2 ~ 2.3 mol %, 残部実質的に MnO を主成分とする焼結体からなり、かつ、
第 1 副成分として、Si を SiO_2 換算で 80 ~ 250 ppm および Ca を CaCO_3 換算で 800 ~ 2500 ppm 含むとともに、

100°Cにおける飽和磁束密度が450mT以上（測定磁界：1194A/m）、かつコア損失の最小値が1200kW/m³以下（測定条件：100kHz、200mT）であることを特徴とするフェライト材料。

5 7. 前記SiO₂の含有量と前記CaCO₃の含有量との重量比（SiO₂の含有量/CaCO₃の含有量）が0.04～0.25であることを特徴とする請求項5または6に記載のフェライト材料。

10 8. 第2副成分として、Nb₂O₅：400ppm以下（但し、Oを含まず）、ZrO₂：1000ppm以下（但し、Oを含まず）、Ta₂O₅：1000ppm以下（但し、Oを含まず）、In₂O₅：1000ppm以下（但し、Oを含まず）、Ga₂O₅：1000ppm以下（但し、Oを含まず）の一種または二種以上を含むことを特徴とする請求項1、2、4、6のいずれかに記載のフェライト材料。

15

9. 第3副成分として、SnO₂：10000ppm以下（但し、Oを含まず）およびTiO₂：10000ppm以下（但し、Oを含まず）の一種または二種を含むことを特徴とする請求項1、2、4、6のいずれかに記載のフェライト材料。

20

10. 第4副成分として、P換算でのPの化合物：35ppm以下（但し、Oを含まず）、MoO₃：1000ppm以下（但し、Oを含まず）、V₂O₅：1000ppm以下（但し、Oを含まず）、GeO₂：1000ppm以下（但し、Oを含まず）、Bi₂O₃：1000ppm以下（但し、Oを含まず）、Sb₂O₃：3000ppm以下（但し、Oを含まず）の一種または二種以上を含むことを特徴とする請求項1、2、4、6のいずれかに記載のフェライト材料。

11. コア損失が最小値を示す温度であるボトム温度が60～130°Cの範囲

に存在することを特徴とする請求項 1、2、4、6 のいずれかに記載のフェライト材料。

12. 100°Cにおける飽和磁束密度が 480 mT 以上 (測定磁界: 1194 A/m) であることを特徴とする請求項 1、2、4、6 のいずれかに記載のフェライト材料。

13. 室温における初透磁率が 700 以上であることを特徴とする請求項 12 に記載のフェライト材料。

10

14. 相対密度が 93 % 以上、平均結晶粒径が 5 ~ 30 μ m である焼結体から構成されることを特徴とする請求項 1、2、4、6 のいずれかに記載のフェライト材料。

15

15. 100°Cにおける飽和磁束密度が 480 mT 以上 (測定磁界: 1194 A/m)、かつコア損失の最小値が 1100 kW/m³ 以下 (測定条件: 100 kHz、200 mT) であることを特徴とする請求項 1、2、4、6 のいずれかに記載のフェライト材料。

20

16. 100°Cにおける飽和磁束密度が 500 mT 以上 (測定磁界: 1194 A/m)、コア損失の最小値が 1000 kW/m³ 以下 (測定条件: 100 kHz、200 mT)、コア損失が最小値を示す温度であるボトム温度が 80 ~ 120 °C、室温での初透磁率が 800 以上であることを特徴とする請求項 1、2、4、6 のいずれかに記載のフェライト材料。

25

1/18

第1回

試料No.	Fe ₂ O ₃ (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	NiO (mol%)	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i	副成分	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)
比較例1	60.0	21.0	15.0	4.0	467	1410	60	824			
1	63.0	17.0	18.0	2.0	494	661	100	1059			
2	65.0	17.0	16.0	2.0	515	897	100	784	SiO ₂ :100ppm		
3	67.0	18.5	14.0	0.5	505	988	100	702	CaCO ₃ :1500ppm		
比較例2	70.0	14.5	15.0	0.5	463	2675	100	389	Nb ₂ O ₅ :200ppm		
比較例3	67.0	21.0	10.0	2.0	475	1225	80	742	*SiO ₂ の含有量とCaCO ₃ の含有量との重量比=0.07		
4	65.0	19.0	14.0	2.0	519	964	80	928			
5	64.0	16.5	18.0	1.5	501	770	100	901			
比較例4	65.0	13.5	21.0	0.5	474	1045	140	571			
6	67.0	18.5	14.0	0.5	505	988	100	702			
7	64.0	18.0	16.0	2.0	500	731	80	1074			
8	64.0	18.0	14.0	4.0	515	943	100	819			
比較例5	64.0	16.0	14.0	6.0	512	1358	120	584			
従来例1	70.0	15.0	15.0	-	470	3207	140	220	SiO ₂ :60ppm、CaCO ₃ :700ppm、Nb ₂ O ₅ :250ppm、Ta ₂ O ₅ :50ppm	1300	1
従来例2	60.0	25.0	15.0	-	456	1431	20	1300			
従来例3	70.0	10.0	20.0	-	468	2618	140	250	SiO ₂ :100ppm、CaCO ₃ :700ppm、Ta ₂ O ₅ :300ppm	1300	1
従来例4	70.0	10.0	20.0	-	503	1846	100	490		1250	窒素中

<備考>

Bs : 飽和磁束密度(100°C)

B.Temp. : ポトム温度

Pcv : ポトム温度におけるコア損失(100kHz, 200mT)

 μ_i : 初透磁率(25°C)

2/18

第2図

試料No.	第1副成分		SiO ₂ の含有量と CaCO ₃ の含有量 との重量比	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i
	SiO ₂ (ppm)	CaCO ₃ (ppm)					
9	100	1500	0.07	498	665	100	1182
10	150	1500	0.10	496	689	100	1089
11	200	1500	0.13	505	703	100	1002
比較例6	300	1500	0.20	507	1241	100	601
12	150	1000	0.15	493	830	100	971
13	150	2000	0.08	495	746	100	1083
比較例7	150	3000	0.05	492	1046	100	874

<備考>

焼成 : 1350°C、酸素分圧 1%

Pcv:ボトム温度におけるコア損失
(100kHz、200mT)

Bs : 飽和磁束密度 (100°C)

B.Temp. : ボトム温度
 μ_i : 初透磁率 (25°C)主成分 : Fe₂O₃ : 63 mol%

ZnO: 17.5 mol%

MnO : 17.5 mol%

NiO : 2 mol%

副成分 : Nb₂O₅: 200 ppm

3/18

第3図

試料No.	副成分	添加量 (ppm)	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μi	備考
14	Nb_2O_5	100	508	911	100	785	第2副成分
15		200	507	812	100	875	
16		300	505	1109	100	729	
比較例8		500	510	1253	100	782	
17	ZrO_2	200	494	832	100	1000	第2副成分
18		500	505	795	100	942	
19		800	514	1025	100	751	
20	Ta_2O_5	200	494	1011	100	892	第2副成分
21		500	508	810	100	980	
22	In_2O_5	200	496	1165	80	900	第4副成分
23		500	502	1037	100	888	
24	Ga_2O_5	200	493	1105	100	809	第4副成分
25		500	498	1067	100	866	
26	V_2O_5	200	510	1126	100	761	第4副成分
27		500	513	1070	100	583	
28	GeO_2	200	494	827	100	936	第4副成分
29		500	497	977	100	851	

<備考>

焼成 : 1350°C、酸素分圧 1%

Bs : 飽和磁束密度(100°C)

Pcv : ボトム温度におけるコア損失
(100kHz、200mT)

B.Temp. : ボトム温度

μi : 初透磁率(25°C)

他成分 : Fe_2O_3 : 64.0 mol% MnO : 17.5 mol% ZnO : 16.5 mol%
 NiO : 2.0 mol% SiO_2 : 100 ppm CaCO_3 : 1500 ppm

* SiO_2 の含有量と CaCO_3 の含有量との重量比 = 0.07

4/18

第4図

試料No.	第3副成分		Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i
	SnO ₂ (ppm)	TiO ₂ (ppm)				
30	1000	0	496	1049	100	821
31	5000	0	491	1103	100	690
32	0	1000	498	1188	100	695
33	0	3000	493	995	100	680
34	0	5000	485	930	100	680

<備考>

焼成 : 1350°C、酸素分圧 1%

Bs : 飽和磁束密度(100°C)

Pcv : ボトム温度におけるコア損失(100kHz、200mT)

B.Temp. : ボトム温度

 μ_i : 初透磁率(25°C)他成分 : Fe₂O₃ : 64.0 mol% MnO: 17.5 mol% ZnO: 16.5 mol%NiO: 2.0 mol% SiO₂: 100 ppm CaCO₃: 1500 ppm*SiO₂の含有量とCaCO₃の含有量との重量比 = 0.07

5/18

第5図

試料No.	主成分 (mol%)	副成分 (ppm)	MoO ₃ (ppm)	P (ppm)	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)	B _s (mT)	P _{cV} (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ _i	相対密度 (%)	平均結晶 粒径 (μm)
35			—	—			489	746	100	1390	96.0	10
36			100	—			496	813	100	847	97.1	—
37			200	—	1300	0.5	508	944	100	830	97.4	—
38	Fe ₂ O ₃ : 64.0、 MnO: 17.5、 ZnO: 16.5、 NiO: 2.0	SiO ₂ :100、 CaCO ₃ :1500、 Nb ₂ O ₅ :200	—	17			497	733	100	919	—	—
39			—	27			499	755	100	910	—	—
40			—	—	1330	0.8	502	827	100	879	96.9	13
41			—	—	1350	1.0	506	840	100	855	97.7	16
42			—	—	1380	1.4	517	1022	100	693	98.1	20
43			—	—	1400	1.7	502	1189	100	593	97.4	25

<備考>

B_s : 飽和磁束密度 (100°C)

B.Temp. : ボトム温度

P_{cV} : ボトム温度におけるコア損失 (100kHz, 200mT)μ_i : 初透磁率 (25°C)*SiO₂の含有量とCaCO₃の含有量との重量比=0.07

6/18

第6図

試料No.	第4副成分	添加量 (ppm)	相対密度 (%)	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μi	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)
35	なし	—	96.0	489	746	100	1390	1300	0.5
44	P換算 (Ca ₃ (PO ₄) ₂)	10	96.8	497	753	100	919		
45		20	96.6	499	755	100	910		
36		100	97.1	496	813	100	847		
37	MoO ₃	200	97.4	508	944	100	830		
46		500	97.2	499	964	100	974		
47		100	96.2	499	788	100	1002		
48	V ₂ O ₅	200	96.5	499	760	100	992		
49		500	96.2	496	888	100	952		
50	GeO ₂	200	95.9	494	776	100	962		
51		500	95.4	494	780	100	973		
52	Bi ₂ O ₃	200	95.8	494	795	100	980		
53		500	96.5	502	981	90	988		
54		200	95.9	496	747	100	1086		
55	Sb ₂ O ₃	500	97.0	497	798	100	961		
56		1000	97.3	507	794	100	1100		
57		2000	97.3	505	913	100	945		

<備考>

Bs : 飽和磁束密度(100°C)

Pcv : ボトム温度におけるコア損失
(100kHz, 200mT)

B.Temp. : ボトム温度

μi : 初透磁率(25°C)

他成分 : Fe₂O₃ : 64.0 mol%

MnO : 17.5 mol%

ZnO : 16.5 mol%

NiO : 2.0 mol%

SiO₂ : 100 ppmCaCO₃ : 1500 ppmNb₂O₅ : 200 ppm*SiO₂の含有量とCaCO₃の含有量との重量比 = 0.07

7/18

第7回

試料No.	Fe ₂ O ₃ (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	NiO (mol%)	MoO ₃ (第4副成分) (ppm)	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)	相対密度 (%)	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i
58	64.0	16.0	20.0	—	—	1350	1.0	96.2	467	736	100	1103
59	64.0	16.0	20.0	—	100	—	—	97.4	484	1065	110	866
60	66.0	17.0	17.0	—	—	1300	0.5	96.7	492	919	110	758
61	66.0	17.0	17.0	—	100	—	—	97.4	511	1019	110	711

<備考>

Bs : 飽和磁束密度 (100°C)

B.Temp. : ボトム温度

Pcv : ボトム温度におけるコア損失 (100kHz, 200mT)

 μ_i : 初透磁率 (25°C)副成分 : SiO₂: 100 ppm CaCO₃: 1500 ppm Nb₂O₅: 200 ppm*SiO₂の含有量とCaCO₃の含有量との重量比 = 0.07

8/18

第8図

試料No.	Fe ₂ O ₃ (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	NiO (mol%)	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μi
62						2.0	496	687	100	1129
63						1.5	498	675	100	1132
64	63.0	17.5	17.5	2.0	1350	1.0	498	673	100	1209
65						0.5	495	766	100	1074
66						0.2	498	948	80	1073

〈備考〉 Bs : 飽和磁束密度(100°C) Pcv : ポトム温度におけるコア損失(100kHz, 200mT)
 B.Temp. : ポトム温度 μi : 初透磁率(25°C)

副成分 : SiO₂: 100 ppm CaCO₃: 1500 ppm Nb₂O₅: 200 ppm

*SiO₂の含有量とCaCO₃の含有量との重量比=0.07

9/18

第9図

試料No.	Fe ₂ O ₃ (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	LiO _{0.5} (mol%)	Bs (mT)				Pcv (kW/m ³)			B.Temp. (°C)	μ_i	
					RT	100°C	25°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C		
比較例9	64.0	20.0	16.0	-	592	487	786	654	893	1070	1191	1252	40	1964
67	64.0	19.0	16.0	1.0	591	501	1733	1372	883	861	945	1053	80	987
68	64.0	18.0	16.0	2.0	579	501	2182	1883	1506	1112	1006	1009	100	737
比較例10	64.0	16.0	16.0	4.0	545	487	2910	2694	2425	2162	2033	1866	120	481

<備考>

焼成 : 1350°C、酸素分圧 1%

Bs : 飽和磁束密度 (100°C)

RT : 室温

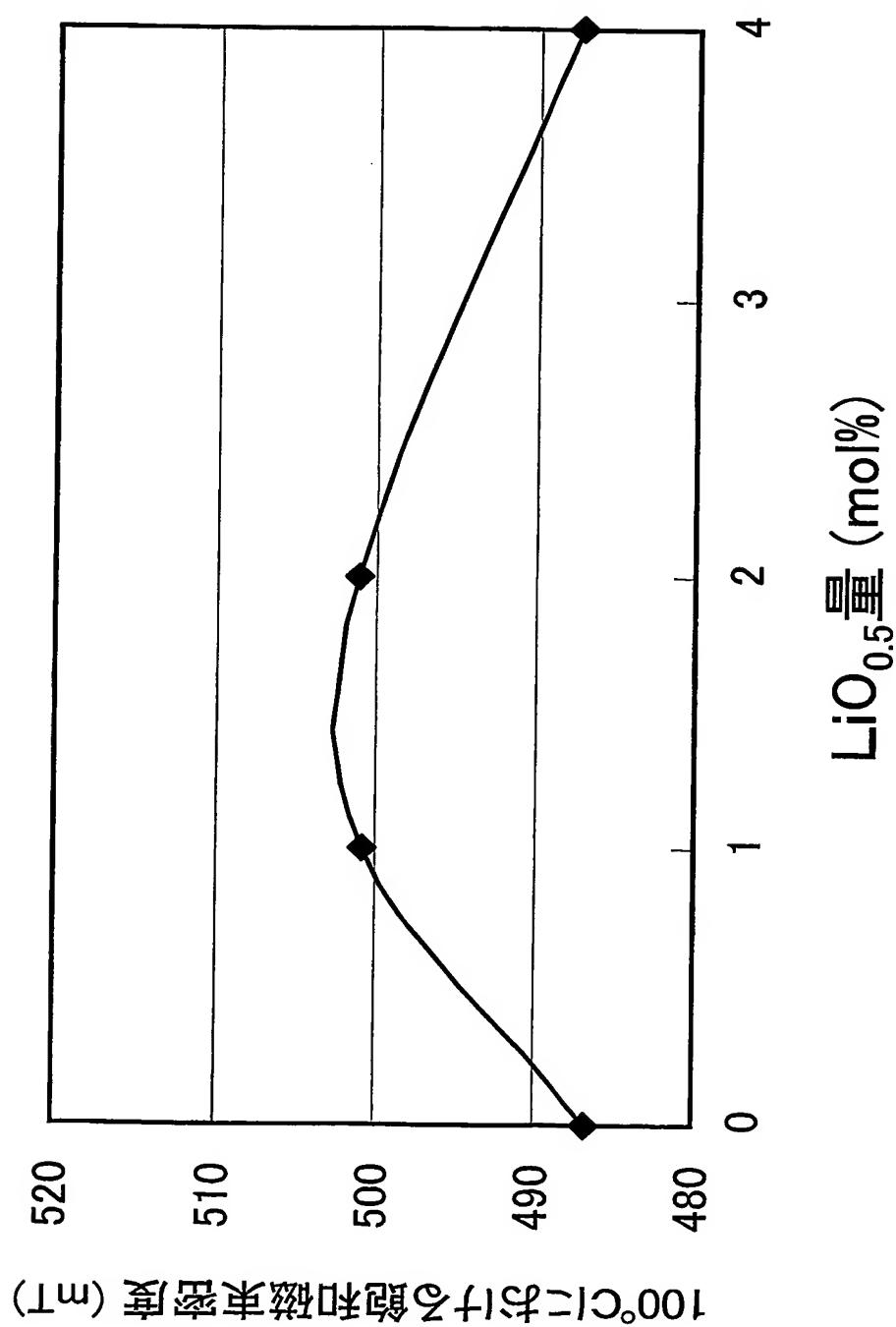
Pcv : コア損失 (100kHz, 200mT)

B.Temp. : ポトム温度

 μ_i : 初透磁率 (25°C)副成分 : SiO₂:100ppm CaCO₃:1500ppm Nb₂O₅:200ppm* SiO₂の含有量とCaCO₃の含有量との重量比 = 0.07

10/18

第10図



11/18

第11図

試料No.	Fe ₂ O ₃ (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	LiO _{0.5} (mol%)	B _s (mT)	P _{cv} (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i	副成分	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)
比較例11	60.0	22.5	15.0	2.5	457	1538	60	792			
69	62.0	18.0	18.0	2.0	487	678	80	1147	SiO ₂ :100ppm		
68	64.0	18.0	16.0	2.0	501	1006	100	737	CaCO ₃ :1500ppm		
70	67.0	18.5	14.0	0.5	507	1052	100	713	Nb ₂ O ₅ :200ppm		
比較例12	70.0	14.5	15.0	0.5	466	3111	100	370		1350	1
比較例13	67.0	21.0	11.0	1.0	479	1355	80	559	* SiO ₂ の含有量とCaCO ₃ の含有量との重量比=0.07		
71	65.0	19.0	14.0	2.0	515	1108	100	789			
72	64.0	17.0	18.0	1.0	495	842	100	813			
比較例14	65.0	13.5	21.0	0.5	475	1090	140	521			
従来例1	70.0	15.0	15.0	-	470	3207	140	220	SiO ₂ :60ppm、CaCO ₃ :700ppm、Nb ₂ O ₅ :250ppm、Ta ₂ O ₅ :50ppm	1300	1
従来例2	60.0	25.0	15.0	-	456	1431	20	1300			
従来例3	70.0	10.0	20.0	-	468	2618	140	250	SiO ₂ :100ppm、CaCO ₃ :700ppm、Ta ₂ O ₅ :300ppm	1300	1
従来例4	70.0	10.0	20.0	-	503	1846	100	490		1250	窒素中

<備考>

B_s : 飽和磁束密度(100°C)

B.Temp. : ポトム温度

P_{cv} : ポトム温度におけるコア損失(100kHz, 200mT) μ_i : 初透磁率(25°C)

12/18

第12回

試料No.	第1副成分		SiO ₂ の含有量と CaCO ₃ の含有量 との重量比	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i
	SiO ₂ (ppm)	CaCO ₃ (ppm)					
73	100	1500	0.07	501	861	80	987
74	200	1500	0.13	507	934	80	887
75	150	2000	0.08	498	966	80	914

＜備考＞

焼成 : 1350°C、酸素分圧 1%

Bs : 飽和磁束密度 (100°C)

B.Temp. : ボトム温度

μ_i : 初透磁率 (25°C)

Pcv : ボトム温度におけるコア損失
(100kHz、200mT)

主成分 : Fe₂O₃ : 64 mol%
ZnO: 16 mol%
副成分 : Nb₂O₅: 200ppm

MnO : 19 mol%
LiO_{0.5} : 1 mol%

13/18

第13回

試料No.	副成分	添加量 (ppm)	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i	備考
76	Nb ₂ O ₅	200	501	861	80	987	
77	ZrO ₂		499	850	80	1041	
78	Ta ₂ O ₅	500	500	865	80	1077	第2副成分
79	In ₂ O ₅		495	1117	80	1008	
80	Ga ₂ O ₅		492	1092	80	985	
81	SnO ₂	1000	489	1099	80	927	第3副成分
82	TiO ₂	3000	485	1048	80	806	
83	GeO ₂	200	492	886	80	997	第4副成分
84	V ₂ O ₅	500	510	1065	80	712	

＜備考＞

焼成 : 1350°C、酸素分圧 1%

Bs : 飽和磁束密度 (100°C)

B.Temp. : ボトム温度

Pcv : ボトム温度におけるコア損失
(100kHz, 200mT)

μ_i : 初透磁率 (25°C)

他成分 : Fe₂O₃ : 64 mol% MnO:19 mol% ZnO:16 mol% LiO_{0.5}: 1 mol%
SiO₂: 100 ppm CaCO₃: 1500 ppm Nb₂O₅: 200 ppm

* SiO₂の含有量とCaCO₃の含有量との重量比=0.07

14/18

第14回

試料No.	第4副成分	添加量 (ppm)	相対密度 (%)	平均結晶粒径 (μ m)	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ i	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)
85	なし	—	96.2	10	482	777	80	1418		
86	P換算 ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)	20	96.8	16	494	790	80	1027		
87	MoO ₃	200	97.4	14	504	987	80	945		
88	GeO ₂	500	96.3	11	487	798	80	1065	1300	0.5
89	Bi ₂ O ₃	500	96.7	17	495	1011	80	1054		
90	Sb ₂ O ₃	1000	97.2	12	500	828	80	1195		
91	V ₂ O ₅	500	96.5	15	492	923	80	1061		
84	V ₂ O ₅	500	—	—	510	1065	80	712	1350	1

<備考>

Bs : 飽和磁束密度(100°C)

B.Temp. : ボトム温度

他成分 : Fe_2O_3 : 64 mol% SiO_2 : 100 ppm

Pcv : ボトム温度におけるコア損失(100kHz, 200mT)

 μ i : 初透磁率(25°C)

MnO : 19 mol%
 CaCO_3 : 1500 ppm
 Nb_2O_5 : 200 ppm
 $\text{LiO}_{0.5}$: 1 mol%

* SiO_2 の含有量と CaCO_3 の含有量との重量比=0.07

15/18

第15回

試料No.	Fe ₂ O ₃ (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	NiO (mol%)	LiO _{0.5} (mol%)	B _s (mT)	P _{cv} (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i	副成分	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)
比較例15	60.0	22.0	15.0	1.0	2.0	462	1433	80	831			
92	63.0	17.5	18.0	1.0	0.5	494	714	100	1155	SiO ₂ ;100ppm		
93	67.0	19.5	12.5	0.5	0.5	507	1167	80	803	CaCO ₃ ;1500ppm		
比較例16	70.0	14.5	14.5	0.5	0.5	475	2971	100	350	Nb ₂ O ₅ ;200ppm		
比較例17	67.0	21.0	10.0	1.0	1.0	479	1303	100	675	*SiO ₂ の含有量とCaCO ₃ の含有量との重量比=0.07		
94	65.0	19.0	14.0	1.0	1.0	510	951	100	890			
95	64.0	16.5	18.0	0.5	1.0	504	901	120	732			
比較例18	64.5	13.5	21.0	0.5	0.5	470	1125	140	489			
93	67.0	19.5	12.5	0.5	0.5	507	1167	80	803			
96	64.0	17.8	14.0	4.0	0.2	512	976	100	862			
比較例19	64.0	16.0	13.5	6.0	0.5	504	1443	120	604			
93	67.0	19.5	12.5	0.5	0.5	507	1167	80	803			
97	64.0	17.5	16.0	0.5	2.0	504	1026	100	799			
比較例20	64.0	17.5	14.0	0.5	4.0	481	1616	140	520			
従来例1	70.0	15.0	15.0	-	-	470	3207	140	220	SiO ₂ ;60ppm、CaCO ₃ ;700ppm、Nb ₂ O ₅ ;250ppm、Ta ₂ O ₅ ;50ppm	1300	1
従来例2	60.0	25.0	15.0	-	-	456	1431	20	1300			
従来例3	70.0	10.0	20.0	-	-	468	2618	140	250	SiO ₂ ;100ppm、CaCO ₃ ;700ppm、Ta ₂ O ₅ ;300ppm	1300	1
従来例4	70.0	10.0	20.0	-	-	503	1846	100	490			
従来例5	54.0	25.0	11.0	10.0	-	-	-	-	240	-		
従来例6	54.0	25.0	11.0	-10 (Li ₂ O)	-	-	-	-	250	-		
<備考>												
B _s	飽和磁束密度(100°C)											
B.Temp.	ボトム温度											
	μ_i :初透磁率(25°C)											
	P _{cv} :ボトム温度におけるコア損失(100kHz, 200mT)											
	1350	窒素中(2%の酸素)										

16/18

第16図

試料No.	第1副成分		SiO ₂ の含有量と CaCO ₃ の含有量 との重量比	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i
	SiO ₂ (ppm)	CaCO ₃ (ppm)					
98	100	1500	0.07	510	951	100	890
99	200	1500	0.13	512	1033	100	804
100	150	2000	0.08	510	986	100	811

＜備考＞

焼成：1350°C、酸素分圧1%

Bs：飽和磁束密度(100°C)

B.Temp.：ボトム温度

Pcv：ボトム温度におけるコア損失
(100kHz、200mT)

μ_i ：初透磁率(25°C)

主成分：Fe₂O₃：65 mol% MnO：19 mol%
ZnO：14 mol% NiO 1 mol% LiO_{0.5}：1 mol%

副成分：Nb₂O₅：200ppm

17/18

第17回

試料No.	副成分	添加量 (ppm)	Bs (mT)	Pcv (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ i	備考
101	Nb ₂ O ₅	200	510	951	100	890	
102	ZrO ₂		502	901	100	1017	
103	Ta ₂ O ₅	500	508	963	100	949	第2副成分
104	Ln ₂ O ₅		505	1117	100	910	
105	Ga ₂ O ₅		500	1211	100	845	
106	SnO ₂	1000	499	1089	100	844	
107	TiO ₂	3000	494	1045	100	789	第3副成分
108	GeO ₂	200	499	939	100	952	第4副成分
109	V ₂ O ₅	500	513	1201	100	703	

＜備考＞

Pcv : ポトム温度におけるコア損失
(100kHz, 200mT)

Bs : 飽和磁束密度 (100°C)

B.Temp. : ポトム温度

μ i : 初透磁率 (25°C)

他成分 : Fe₂O₃ : 65 mol% MnO:19 mol% ZnO:14 mol%
NiO: 1 mol% LiO_{0.5}: 1 mol%
SiO₂: 100 ppm CaCO₃: 1500 ppm Nb₂O₅:200ppm

* SiO₂の含有量とCaCO₃の含有量との重量比=0.07

18/18

第18回

試料No.	第4副成分	添加量 (ppm)	相対密度 (%)	平均結晶粒径 (μm)	B_s (mT)	P_{cv} (kW/m ³)	B.Temp. (°C)	μ_i	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)
110	なし	—	95.5	10	488	898	100	1343		
111	P換算 $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$	20	96.8	15	501	912	100	970		
112	MoO_3	200	97.3	15	510	1086	100	869		
113	GeO_2	500	95.6	12	494	927	100	1023	1300	0.5
114	Bi_2O_3	500	96.1	17	501	1137	90	1039		
115	Sb_2O_3	1000	97.3	13	508	978	100	1086		
116	V_2O_5	500	96.0	14	496	1050	100	1052		
109	V_2O_5	500	—	—	513	1201	100	703	1350	1

<備考>

 B_s : 飽和磁束密度 (100°C)

B.Temp. : ボトム温度

他成分 : Fe_2O_3 : 65 mol% NiO : 1 mol% SiO_2 : 100 ppm P_{cv} : ボトム温度におけるコア損失 (100kHz, 200mT) μ_i : 初透磁率 (25°C) ZnO : 14 mol% CaCO_3 : 1500 ppm Nb_2O_5 : 2000 ppm* SiO_2 の含有量と CaCO_3 の含有量との重量比 = 0.07

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09735

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ C04B35/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ C04B35/38, 35/26, H01F1/34Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 6-310321 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 04 November, 1994 (04.11.94), Claims 1 to 3; examples 1 to 3 (Family: none)	1, 5-16 2-4
X A	US 5518642 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 21 May, 1996 (21.05.96), Claims 6 to 10; examples 1 to 5 & JP 2917706 B2 Claims 1, 2; examples 1 to 5 & EP 716053 A2	6-16 1-5

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search
14 October, 2003 (14.10.03)Date of mailing of the international search report
28 October, 2003 (28.10.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/09735

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 8-45725 A (Sumitomo Special Metals Co., Ltd.), 16 February, 1996 (16.02.96), Claim 1 (Family: none)	6, 7, 9-16 1-5, 8
A	JP 61-252610 A (Tohoku Kinzoku Kogyo Ltd.), 10 November, 1986 (10.11.86), Claims; Fig. 1 (Family: none)	2-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. C1. 7 C04B 35/38

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. C1. 7 C04B 35/38 35/26 H01F 1/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 6-310321 A (松下電器産業株式会社) 1994.11.04	1, 5-16
A	請求項1-3, 実施例1-3 (ファミリーなし)	2-4
X	US 5518642 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)	6-16
A	1996.05.21, 請求項6-10, 実施例1-5	1-5
X	& JP 2917706 B2 請求項1, 2, 実施例1-5&EP 716053 A2	
A	JP 8-45725 A (住友特殊金属株式会社) 1996.02.16	6, 7, 9-16
A	請求項1 (ファミリーなし)	1-5, 8
	JP 61-252610 A (東北金属工業株式会社) 1986.11.10 特許請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	2-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 10. 03

国際調査報告の発送日

28.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大橋 賢一

4T 8825



電話番号 03-3581-1101 内線 6791